

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-249521

(43)Date of publication of application : 28.09.1993

(51)Int.Cl.

G02F 1/37

G11B 7/125

(21)Application number : 04-046686

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 04.03.1992

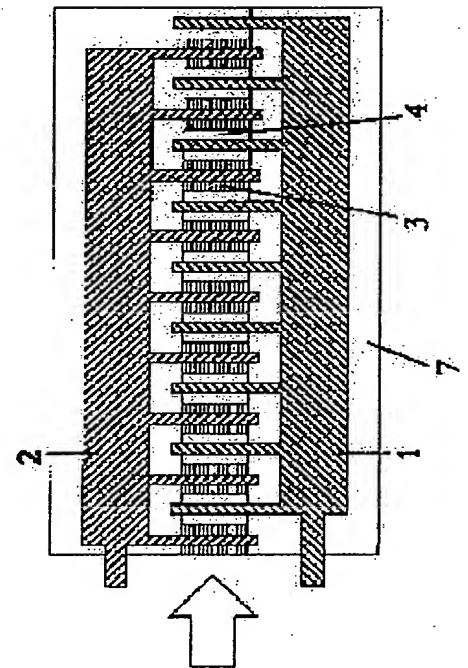
(72)Inventor : SUTEN HERUMUFURIDO  
TATENO KIMIO  
ITOU AKITOMO  
KAWAMOTO KAZUTAMI  
ANDO TETSUO

## (54) WAVEGUIDE TYPE HIGHER HARMONIC MODULATOR

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a higher harmonic generator of the waveguide type with which stable outputs are obtainable in spite of intensity modulation at a high speed by continuously oscillating a semiconductor laser and modulating phase matching conditions without modulating an implantation current.

**CONSTITUTION:** The modulation by voltage impression is executed through comb-shaped electrodes 1, 2 consisting of the aluminum, etc., deposited by evaporation on the waveguides. Since respectively different electric fields are applied to the electrodes 1, 2, the codes of the nonlinear optical constants of domains 3, 4 vary and the electric fields 4 are generated. Namely, the codes of the impressed electric fields and the codes of the nonlinear optical constants vary in the adjacent domains and therefore, the change in the effective refractive index to be induced is always constant. The greater part of the electric fields are, however, constituted of horizontal components and contain the smaller vertical components near the boundaries of the adjacent domains and therefore, the change in the effective refractive index is small. Then, the phase shift quantity per voltage-volt in the device for higher harmonic generation is smaller than the ordinary value in the case a lithium niobate is used for, for example, the nonlinear optical crystal.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-249521

(43)公開日 平成5年(1993)9月28日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 F 1/37

G 1 1 B 7/125

識別記号

庁内整理番号

7246-2K

B 8947-5D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数12(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-46686

(22)出願日 平成4年(1992)3月4日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 ステン・ヘルムフリド

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 立野 公男

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 伊藤 顕知

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 導波路型高調波変調装置

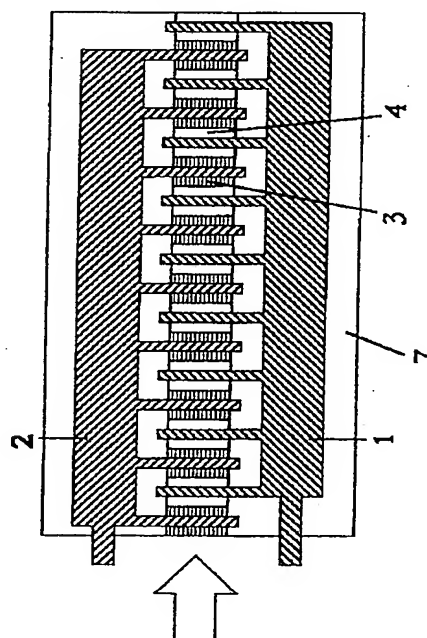
(57)【要約】

【目的】本発明の目的は、光変調時に、ノイズの発生を伴わないような短波長光源を提供することである。

【構成】光変調を、半導体レーザではなく、高調波発生時の位相整合を変調することで行う。

【効果】光ディスクなどに適用される高調波の変調時にノイズ発生が生じないため、高い信号対雑音比の装置を提供することができる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体レーザと、該半導体レーザの光ビームを導波路に導く手段と、該導波路上に配置されており該半導体レーザの非線形光学的高調波を位相整合を保って発生せしめる手段と、電極とを有する装置において、該導波路の屈折率を電気光学的に変調することで、位相整合条件を変調し、該高調波の強度を変調することを特徴とする、導波路型高調波変調装置。

【請求項2】前記位相整合を疑似位相整合型とし、疑似位相整合型導波路を構成する等間隔の各部分の非線形光学定数の周期的反転符号に応じて、該電極に印加する電場の符号を対応させることを特徴とする、請求項1記載の導波路型高調波変調装置。

【請求項3】前記位相整合を非等間隔の各周期的部分の非線形光学定数の符号が反転する疑似位相整合型とし、該電極を該導波路に平行に配置することを特徴とする、請求項1記載の導波路型高調波変調装置。

【請求項4】光ディスク用の低ノイズ光源として適用することを特徴とする、請求項1から3に記載の導波路型高調波変調装置。

【請求項5】レーザビームプリンタ用の低ノイズ光源として適用することを特徴とする、請求項1から3に記載の導波路型高調波変調装置。

【請求項6】半導体レーザ光を入射し、該レーザ光の高調波を出力とする高調波変調装置であって、異なる非線形光学定数を有する複数のドメインを備えた基板と、該ドメインに電場を与える複数の電極を有することを特徴とする高調波変調装置。

【請求項7】隣接するドメインにかかる前記電場は異符号であることを特徴とする請求項6に記載の高調波変調装置。

【請求項8】前記隣接するドメインは異なる前記電極によって前記電場が与えられることを特徴とする請求項7に記載の高調波変調装置。

【請求項9】前記電極は櫛型の電極であることを特徴とする請求項8に記載の高調波変調装置。

【請求項10】隣接するドメインにかかる前記電場は同符号であることを特徴とする請求項6に記載の高調波変調装置。

【請求項11】前記隣接するドメインどうしは異なる大きさを有することを特徴とする請求項10に記載の高調波変調装置。

【請求項12】前記電極は前記ドメインに一樣な電場を与えることを特徴とする請求項5、10、11に記載の高調波変調装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、非線形光学を応用して発生する短波長の高調波の強度変調に係り、特に光ディスク装置等の光学的情報処理装置の記録密度の向上、あ

るいは、レーザビームプリンタの印字品質の向上に関する。さらに本発明は、医療外科手術用の装置、レーザ機械加工、光通信などに用いられる光源に関する。

## 【0002】

【従来の技術】記録や書換えが可能な光ディスク、あるいは、レーザビームプリンタでは、記録すべき情報に応じて、光源からの光ビームを、数百MHzの速さで強度変調して、被記録媒体上に照射する必要がある。従来技術において、非線形光学結晶に作られた導波路型の高調波発生装置では、基本波である半導体レーザの注入電流を変調して、高調波の強度を変調する方法がとられていた。しかしながら、半導体レーザの注入電流を直接変調すると、注入したキャリアの量が増減するため、屈折率に変動が生じ、縦モード間のホッピングが伴い、出力に大きな変動が起こる。この現象は、変調の周波数が高くなるに従い顕著になるため、非線形光学結晶に作られた導波路型の高調波発生装置の強度変調は低周波での変調に限られており、数百MHzの高周波で強度変調しなくてはならない光ディスクやレーザプリンタへの応用は阻まれていたのが実状であった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】光ディスクやレーザプリンタに適用される光源は、出力が安定している必要がある。例えば、デジタルのコード情報を光ディスクから再生する場合、許容されるノイズのレベルは、相対強度ノイズ(Relative Intensity Noise)にして、高々-120デシベル/ヘルツである。これに対し、導波路型の高調波発生装置では、基本波となる半導体レーザの注入電流を変調して高調波の強度を変調すると、ノイズが発生し、許容レベルを超えてしまうことはよく知られている(アイトリブルイー ジャーナル オブ クワンタム エレクトロニクス、ボリューム キューイー 18、ナンバー3、1982年3月 P343-P351 (IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, VOL. QE-18, NO. 3, MARCH 1982))。半導体レーザを構成する導波路内の注入電流密度が変化すると、屈折率が変化して光路長が変わる。これに起因して、半導体レーザ共振器の共振波長が変化し、モードホップが発生し出力光にゆらぎが生じてノイズが発生するのである。

【0004】非線形光学を応用した高調波の発生過程では、基本波と高調波との位相が一致している必要がある。この条件を位相整合条件と呼ぶが、この条件が満たされない場合は、基本波から高調波への変換効率は急激に下がる。位相整合は、非線形光学の結晶、あるいは、導波路内で、基本波と高調波の実効的屈折率が等しくなければならないことを意味している。ところが、非線形光学の結晶、あるいは、導波路には波長分散があるため、この条件を満たす波長幅は極めて狭い。従って、基本波である半導体レーザの波長がモードホップによって変化すると、該位相整合条件が崩れて、高調波の出力が

ゆらぐことになる。さらに、半導体レーザのモードホップには出力の変動がともなうが、高調波の強度は、基本波の高次光次数のべき乗に比例するため、半導体レーザ出力のゆらぎが増幅されることになる。

【0005】本発明の目的は、高速で強度変調をしても安定した出力が得られる導波路型の高調波発生装置を提供することにある。

【0006】本発明の他の目的は、安定な出力の高調波発生装置を光源に用いて、記録又は再生時のノイズレベルを許容範囲に押えた、精度のよい光情報処理装置を提供することにある。

【0007】本発明の更に他の目的は、安定な出力の高調波発生装置を光源に用いて、高速かつ高精度に光ビームを走査するレーザビームプリンタを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明では、半導体レーザを連続発振とし、注入電流を変調せずに位相整合条件を変調する。

【0009】具体的には、異なる非線形光学定数を有する複数のドメインと、該ドメインに電場を与える電極を備えた導波路型高調波変調装置により達成され、特に、複数のドメインによって構成された導波路の屈折率を電気光学的に変調することで位相整合条件を変調し、高調波の強度を変調することによって達成される。

【0010】

【作用】電場を印加することで屈折率が変化する電気光学効果を有する有機物の一例に、KTP（チタン酸リン酸カリウム）、LiNbO<sub>3</sub>（リチウムニオブ）、LiTaO<sub>3</sub>（リチウムタンタレート）などがある。この電気光学効果における屈折率の変化は、印加電場に比例する。従って、電場を印加して屈折率を変化させることによって、位相整合条件を制御することが可能となる。印加電圧を変調すれば、基本波と高調波の実効屈折率を等しくするように変調して位相整合条件を満足させることができる。一般に、非線形光学材料の屈折率と波長の分散は大きい必要がある。何故ならば、電気光学効果による基本波と高調波の屈折率変化がいずれも大きいと、位相整合が崩れないからである。幸いなことに、通常、波長の短い領域ほど、電気光学的に生じる屈折率分散は大きい。すなわち、基本波よりも、高調波の屈折率変化の方が大きい。さらにまた、基本波よりも、高調波の方が、導波路内で占める場所が狭いため、電極を通じて印加される電場とのオーバーラップがよくなり、電気光学効果を生じさせる効率が上がるという利点もある。

【0011】位相整合条件を利用して導波路型の高調波発生装置を構成した例として、次のものがある。すなわち、非線形光学結晶からなる導波路を周期的なセグメントに分割し、各セグメントの非線形光学係数の符号を順次反転させる。こうして、位相整合条件を導波路全体に

渡ってつないだ上で位相整合条件を満足させて高調波を発生させる（オプティクスレータ、ボリューム16、ナンバー15、1991年8月1日、P1156-P1158（OPTICS LETTERS/Vol. 16, No. 15/August 1, 1991））。これは、疑似位相整合と呼ばれている。しかしながら、このような高調波発生装置の注入電流を変化させて高調波を変調させようとする、前述のとおり位相整合条件が崩れてしまい、高調波を安定に変調することができない。

【0012】本発明を用いることによって、隣接する個々のセグメントに、セグメント毎に異なる電場をかけることができるので、隣接するセグメント間で屈折率変化を相殺することなく、位相整合条件を満たすことができる。特にセグメントの導波路方向に隣接する大きさを変えると、高次の疑似位相整合をよりよく達成することができる。

【0013】さらに、直接変調がなければ、半導体レーザをシングルモードで発振させることは可能である。位相整合条件の変調は、電気光学効果を利用することで、導波路の実効屈折率を変調して行う。導波路に形成した電極を通じて印加される電場によって生じる基本波と高調波の実効屈折率変化が十分大きければ、上記位相整合条件を簡単にはずすことが可能となる。逆に、印加電場を切れば、もと通りの位相整合条件が再現され、高調波が発生する。

【0014】本発明による高調波の変調方法は、平面型導波路、チャンネル型導波路、アレー型導波路などいかなるタイプの導波路に対しても適用可能である。また、この方法は、高調波を得るための、電気光学効果を有する、様々な非線形光学結晶、例えば、リチウムニオブ、リチウムタンタレート、チタン酸リン酸カリウム、そして、有機化合物に適用可能である。さらにこの方法は、前述の疑似位相整合だけでなく、複屈折型位相整合、モード分散型位相整合、バランス型位相整合などいかなるものにも適用可能である。高調波としては、2次、3次、そして、高次光の発生に応用可能である。また、導波路に形成する電極としては、ランプ型、あるいは、インピーダンスマッチを取った進行波型など、あらゆるタイプが使用できる。

【0015】

【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。いずれも疑似位相整合型の高調波発生の変調を例とする。この方法は高調波への変換効率が最も高く、実用になる可能性が大きいからである。

【0016】第一の実施例では、反転セグメントの長さが等しい場合、すなわち、波長変換効率のより高い、一次の疑似位相整合が成り立つ場合について説明する。すなわち、印加電場を隣あうセグメント毎に変化させるものである。第二の実施例では、2次の疑似位相整合が成り立つ場合について述べる。この場合は隣あうセグメン

5

トの各々の長さが異なるため、導波路に沿って、一様な電圧を駆けることで、変調が可能となり、進行波型変調器として、1 Gbit/sec以上の高速変調が可能となる。第3、第4の実施例は、本方法を、光ディスクや、レーザプリンタに適用したものである。

【0017】これまでに報告されている疑似位相整合導波路は、z-カット基板上に形成されている。最大の電気光学定数、 $r_{33}$ を使うためには、z-カット基板の表面に垂直に電場を印加する必要がある。従って、電極は導波路に重なるように形成することになる。この時、電極と導波路の間にはバッファ層を設けて、エバネッセント波が電極に掛かるために生じる光波の損失を防ぐ必要がある。このバッファ層の厚みは、百ないし、数百nmであり、 $SiO_2$ 、あるいは、 $Al_2O_3$ などが使われる。

【0018】図1は本発明の一実施例を示すものである。電圧印加による変調は、導波路の上に蒸着した、アルミニウムなどの櫛型電極を通じて行う。電気抵抗を小さくするために、電極の厚みは3ミクロン以下が望ましい。図2に図1の断面図を示す。電極1、2にはそれぞれ異なる電場を与えられているため、ドメイン3、4の非線形光学定数の符号が異なり、電場4が生じる。すなわち、印加電場の符号と非線形光学定数の符号が、隣接ドメインでは異なるため、誘起される実効屈折率の変化は常に一定である。しかし、隣接ドメインの境界付近では、電場のほとんどはx方向成分で構成されており、垂直成分y方向成分が小さいため、実効屈折率の変化は小さい。従って、本発明による高調波発生用のデバイスにおける電圧一ボルト当たりの位相シフト量は、例えば非線形光学結晶にリチウムナイオベイトを用いた場合で、

【0019】高調波発生用のデバイスの長さは、1cm程度であるので、電極の電気容量は10pF程度となり、変調周波数は一秒当たり数百メガビットとなる。以上のディメンションの位相変調器では、電圧一ボルト当たりの位相シフト量は、約 $\pi$ ラジアンである。電極と電極の間での電場の垂直成分は小さいこと、および、位相整合を崩すための基本波と高調波の位相差が、およそ $\pi$ ラジアン必要なことを考慮すると、変調のための印加電圧は、数ボルト必要である。

【0020】本発明の第二の実施例を図3に示す。図3に示すように、異なる幅の異種のドメインが(3、4)導波路方向に構成されている。そして、ドメイン上に電極2が、構成され、これと平行した位置に他の電極1が構成されており、電極1、2間で異なる電場を与える。この例では、符号の異なる各々のドメイン3と4の大きさが異なる(本実施例では導波路方向の長さでドメイン

6

3:ドメイン4=1:3)ため、非線形光学定数の符号の差異による位相シフトの相殺は起こらない。図3の導波路と垂直方向の断面図を図4に示す。電極1、2間の電場は5で示されるようになり、ドメイン3及び4にかかる電場のz方向成分は少なく、実効屈折率の変化を大きくとることができる。この場合、ドメイン3と4で構成される導波路型回折格子は、二次として使用される。この例では、材料としてリチウムタンタレートが適切である。リチウムタンタレートの方がリチウムナイオベイトの場合よりも、ドメインの形がラミナー型になりやすい傾向があること、および、高次モードで使用する場合は、プロセス中に生じる設計値からのズレに対する許容度が大きいからである。金属電極のインピーダンスは50オームとし、ターミネイトされるべく設計される(進行波型変調器)。進行波型変調器の周波数帯域は、電極のインピーダンスではなく、電波と光波の速度ズレで決まる。このため、一秒当たり数ギガビットの変調が可能となる。誘起される実効屈折率の差を十分大きくするために、電極と基本波との重なりは小さくし、電極と高調波との重なりが大きくなるように、電極の幅を設定する必要がある。この例では、高次の位相整合を用いているため、第一の実施例の場合よりも、高調波への変換効率は低い。しかし、電極の構造は簡単であり、変調周波数も高くなるという利点がある。

【0021】以上のように構成することにより、異なる符号の非線形光学定数を持つセグメントの長さが等しい場合に、セグメントに電場をかけても屈折率変化が相殺されてしまうという問題を解決することができるのである。

【0022】図5は、本発明の第三の実施例を示すものである。すなわち、本発明は、光ディスクの記録、あるいは、再生用光源として使用できるものである。光ディスクに記録されるべき信号によって本発明の光源は変調される。導波路端面から発し、変調された光ビームは、レンズで集光される。その後、ビームスプリッタ、ミラーにいたり、対物レンズを経て、スポットとして形成され、変調信号に応じて光ディスク上にビットの列が形成される。これを再生する時は、記録時よりも低いパワーとし、ディスクからの反射光をビームスプリッタで分枝し、光検知器で受光してもとの変調信号を復調する。

【0023】図6は、本発明の第四の実施例を示すものである。すなわち、本発明はレーザビームプリンタの光源として使用することも可能である。変調された高調波の光ビームはレンズで集光され、回転する多面鏡で光ビームが左右に振られ、走査レンズによって感光ドラム上にスポットが形成される。変調信号によって感光ドラム上に形成された潜像にトナーがまぶされ、紙に転写されるものである。

【0024】

【発明の効果】以上述べて来たように、本発明では、半

導体レーザの注入電流を変調する必要がなくなるため、変調によって発生するモードホップノイズを避けることが可能となる。このため、従来より深刻であった高調波発生に伴う半導体レーザノイズの増幅の問題が解決されることになり、短波長、かつ安定に動作する光源を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第一の実施例を示す図。

【図2】図1に示すデバイスの導波路方向に平行な断面図。

【図3】本発明第二の実施例を示す図。

【図4】図3に示すデバイスの導波路方向に垂直な面の断面図。

【図5】本発明第三の実施例。光ディスク用光源として\*

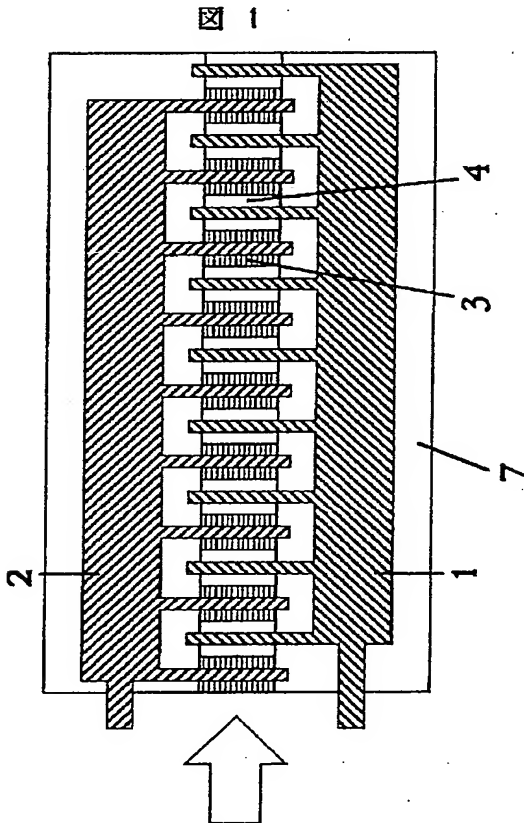
\*の応用を示す。

【図6】本発明第四の実施例。レーザビームプリンタ用光源としての応用を示す。

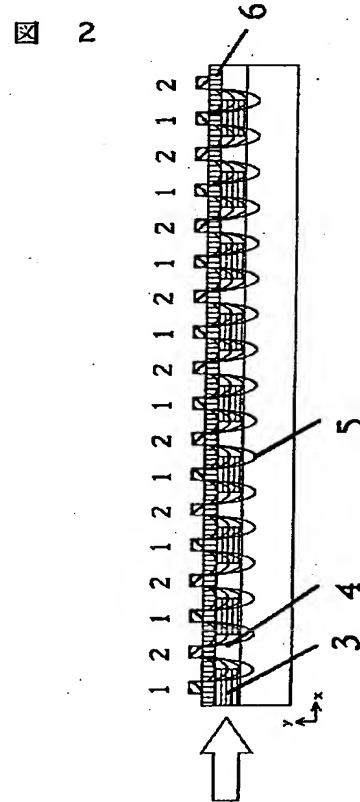
【符号の説明】

- 1…正電極、2…負電極、3…非線形光学定数の符号が反転した領域、4…非線形光学定数の符号が反転していない領域、5…電場ベクトル線図、6…結晶基板と電極間のバッファ層、7…リチウムナイオベイト基板、8…リチウムタンタレート基板、9…50オーム終端抵抗、10…変調信号、11…本発明の光源、12…レンズ、13…ビームスプリッタ、14…ミラー、15…レンズ、16…光ディスク、17…光検知器、18…多面鏡、19…感光ドラム。

【図1】

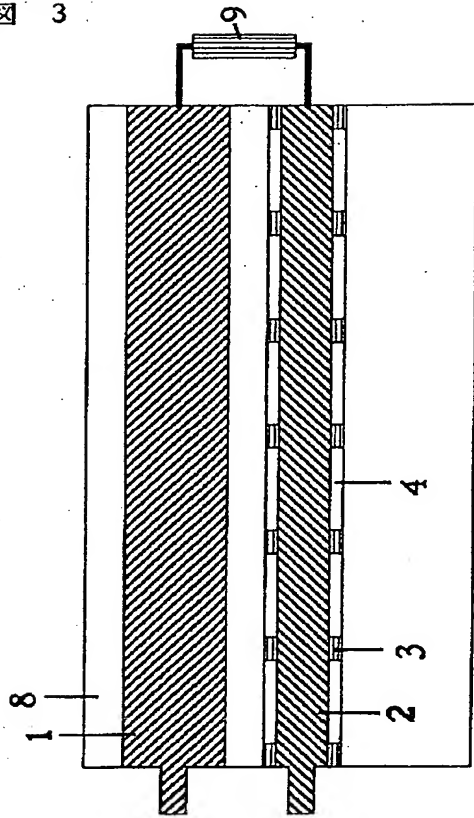


【図2】



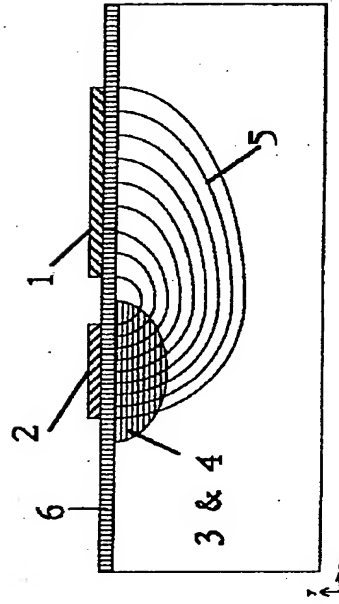
【図3】

図 3



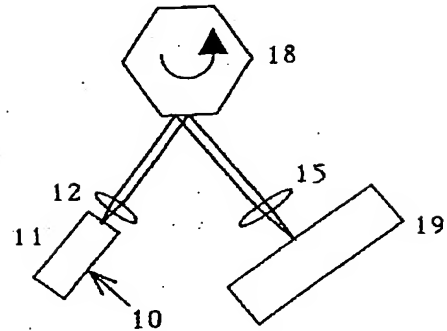
【図4】

図 4



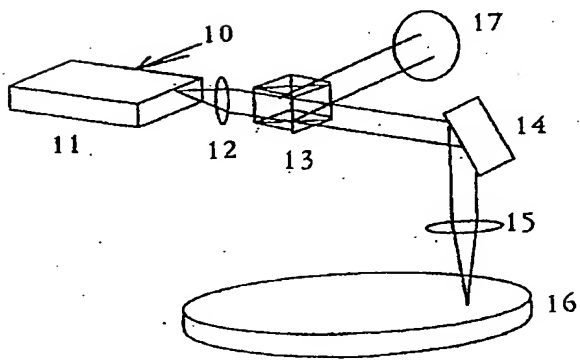
【図6】

図 6



【図5】

図 5



フロントページの続き

(72)発明者 川本 和民

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 安藤 哲生

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内